

Aus dem Kinderkrankenhaus
Seehospiz »Kaiserin Friedrich«, Norderney
Ärztl. Dir. Chefarzt Professor Dr. Menger
Chefärztin Dr. B. Fehlig

Experimentelle Untersuchungen zur Verbesserung
der Wirksamkeit von Inhalationen durch die
»maximale Inspirationshaltung«

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

zur Erlangung der Würde des Doktors der Medizin
der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz
dem Fachbereich Medizin

vorgelegt von

Roland J. Riedl-Seifert aus Pilsen/Sudetenland

Mainz 1979

1980

Aus dem Kinderkrankenhaus
Seehospiz »Kaiserin Friedrich«, Norderney
Ärztl. Dir. Chefarzt Professor Dr. Menger
Chefärztin Dr. B. Fehlig

Experimentelle Untersuchungen zur Verbesserung
der Wirksamkeit von Inhalationen durch die
»maximale Inspirationshaltung«

In a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

zur Erlangung der Würde des Doktors der Medizin
der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz
dem Fachbereich Medizin

vorgelegt von

Roland J. Riedl-Seifert aus Pilsen/Sudetenland

Mainz 1979



Dekan:

Professor Dr. H. Leithoff

1. Gutachter:

Professor Dr. W. Menger

2. Gutachter:

Professor Dr. G. Erdmann

Tag der mündlichen Prüfung:

16. April 1980

Meiner Frau Dagmar
in Dankbarkeit gewidmet



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546305_0049

Inhaltsangabe

A. Einleitung

B. Theoretischer Teil

- I. Krankengymnastische Grundlagen
- II. Allgemeine Beobachtungen
- III. Grundzüge der Anatomie des Atemapparates und der Atemphysiologie
- IV. Schlußfolgerungen für die "maximale Inhalationshaltung"

C. Experimenteller Teil

I. Methoden und Meßgeräte

1. Geräte
2. Medikamente
3. Probanden (allgemeine Charakteristik)
4. Statistische Methoden

II. Versuchsaufbau und Ergebnisse

1. Atemwegswiderstand in Abhängigkeit von der Körperhaltung
 - a) Probanden (Auswahlkriterien und Unterscheidungsmerkmale)
 - b) Versuchsanordnung
 - c) Ergebnisse
2. Vergleich der Effekte zwischen Inhalation in normaler Körperhaltung und der "maximalen Inspirationshaltung"
 - a) Probanden (Besonderheiten und Auswahlkriterien)
 - b) Versuchsanordnung
 - c) Ergebnisse

D. Diskussion

E. Zusammenfassung

A. Einleitung

Seit langer Zeit stellt die Inhalationstherapie einen wesentlichen Bestandteil bei der Behandlung obstruktiver Bronchialerkrankungen dar. - Bereits GALEN schrieb dem hohen Gehalt an gelöstem Salz in der Seeluft einen günstigen Effekt bei Lungen- bzw. Bronchialerkrankungen zu (s.a. MENDER, DEBSI, SCHELLHAAS).

Zielsetzung jeglicher Inhalationstherapie muß es sein, eine möglichst hohe Aerosol-Konzentration am Ort des krankhaften Geschehens - namentlich den Bronchien - zu erreichen und damit direkt medikamentös eingreifen zu können.

Es ist allgemein bekannt, daß die Wirksamkeit eines Aerosols - in der Medizin werden nahezu ausschließlich Flüssigkeits-Aerosole verwandt - von der Teilchengröße abhängt, wobei das maximale Teilchenvolumen möglichst 5 bis 6 Mikron nicht überschreiten sollte; eine Forderung, die heutzutage handelsübliche, leistungsfähige Inhalationsgeräte durchaus erfüllen.

Weniger bekannt, um nicht zu sagen nahezu unbekannt, scheint der Umstand zu sein, daß man auch durch die Körperhaltung beim Inhalationsvorgang entscheidenden Einfluß auf die Wirksamkeit der Aerosoltherapie nehmen kann. Das zumindestens war der Eindruck, nach dem wir begonnen hatten, am Kinderkrankenhaus Seehospiz "Kaiserin Friedrich" in Norderney eine neue Inhalationsmethode einzuführen, die die Körperhaltung bei der Inhalation nicht mehr dem Zufall überließ (MENDER/R.-S., R.-S.).

Während früher die Patienten in beliebiger und unkontrollierter Körperstellung im Sitzen oder Liegen mit

der Maske inhalierten, ließen wir jetzt bei der Inhalation eine sogenannte MAXIMALE INSPIRATIONSHALTUNG einnehmen: Aufrechtes Sitzen, Hände hinter dem Kopf falten, Ellenbogen weit zurücknehmen, Lordosierung der Lendenwirbelsäule. Die Inhalation erfolgte nunmehr mit Mundstück und Nasenklemme (Abb. 1).

Wir sahen bei dieser Inhalationshaltung neben der maximalen Brustraumerweiterung eine Umstellung von flacher Brustatmung auf costoabdominelle Atembewegungen mit gleichzeitiger Vertiefung der Atemzüge. Ein Phänomen, das man sich bei der krankengymnastischen Behandlung asthmatischer Kinder schon seit einigen Jahren in Norderney zunutze machte (KEIL).

Der klinisch subjektive Erfolg war verblüffend bei dieser Inhalationsmethode: wir brauchten weniger Medikamente, die Sekretolyse wurde wesentlich besser und die Applikation von Bronchospasmolytika wirkungsvoller.

Diese mehr als 1 1/2-jährigen klinischen Beobachtungen verlangten nunmehr nach einer Objektivierung. Der Eindruck, daß zwischen der Körperhaltung und der Effizienz des Inhalationsvorgangs ein Zusammenhang bestehen könnte, drängte sich auf. Wir wollten daher untersuchen,

1. ob zwischen Körperhaltung und Atemwegswiderstand ein Zusammenhang besteht;
2. ob der subjektive Eindruck der klinischen Effizienz zahlenmäßig in spirometrischen Meßgrößen belegbar war.

DARSTELLUNG DER VERSCHIEDENEN INHALATIONSMETHODEN,
DIE DER AUSWERTUNG ZUGRUNDE LAGEN



Kind bei der Inhalation
in sogenannter
"Normalhaltung" mit Maske



Kind bei der Inhalation in
"maximaler Inspirations-
haltung" mit Mundstück und
Nasenklemme

B. Theoretischer Teil

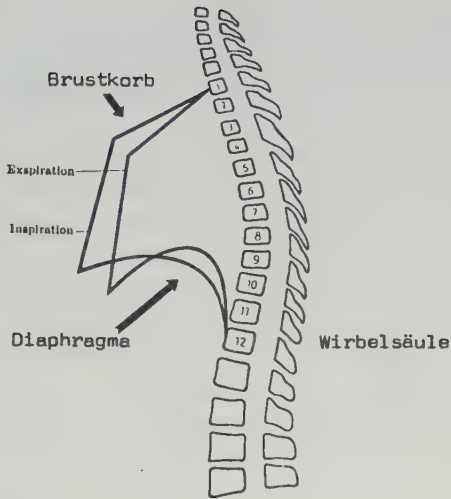
I. Krankengymnastische Grundlagen

Am Seehospiz in Norderney wurde im Laufe der Jahre eine besondere krankengymnastische Methode entwickelt, um Kindern, die unter chronischen Atemwegserkrankungen litten, im anfallsfreien Intervall, aber auch während der asthmatischen Symptomatik, eine sinnvolle physikalisch-therapeutische Hilfe zuteil werden zu lassen. Der klinische Nutzen war groß, besonders auf den krankengymnastischen Teilgebieten der Sekretlockerung und des Sekrettransportes.

Eine Analyse der einzelnen krankengymnastischen Anwendungen zeigte, daß von Ausnahmen abgesehen nahezu allen Übungen das Prinzip der Thorax-Mobilisation zugrunde lag. MENGER hatte in seinen Arbeiten und Vorträgen immer wieder auf den im caudalen Anteil gleichsam "erstarnten" Asthma-Thorax bei Kindern hingewiesen.

Thorax-Mobilisation konnte jedoch nicht die bloße Korrektur von orthopädischen Auffälligkeiten beim kindlichen Asthma-Thorax beinhalten, sondern es mußte primär den gleichsam "gefesselten" Rippenbögen wieder die Möglichkeit gegeben werden, sich zu bewegen und somit ihre Aufgabe beim In- und Expirationsvorgang wahrnehmen zu können (s.a. Abb. 2).

Nach dem Prinzip der "fest-sitzenden Schraube", die man noch ein wenig fester anziehen muß, um sie dann um so leichter lösen zu können, wurden sogenannte Dehnlagerungen entwickelt und verfeinert, die dann auch den gewünschten klinischen Erfolg brachten.



Schematische Darstellung ⁺ (Sagittalschnitt)
der In- und Expiration

an sieht deutlich, daß der Durchmesser des Thorax bei der
nspiration zunimmt. Überträgt man zusätzlich die Charakter-
stika der "maximalen Inspirationshaltung" (Lordosierung
er Lendenwirbelsäule, Hände hinter dem Kopf verschränkt,
llenbogen weit zurück -bis in Höhe der Schulterblätter)
uf diese dargestellte normale Inspirationshaltung, so
werden die anatomischen Veränderungen bei der "maximalen
nspirationshaltung" sehr anschaulich.

⁺aus HAFFERL, Lehrbuch der topographischen Anatomie (Springer Verlag)
(verändert)

II. Allgemeine Beobachtungen

Menschen, die müde sind und infolge Sauerstoffmangels gähnen müssen, oder auch nur Leute, die ganz einfach einmal tief Luft schöpfen wollen, tun das keineswegs in einer beliebigen Körperhaltung, sondern sie nehmen bewußt oder unbewußt eine besondere Stellung ein: der Oberkörper wird lordosiert und die Arme werden dabei angehoben. So wird dann augenscheinlich tief inspiriert. Weiterhin gilt es allgemein als außerordentlich bequem, entspannt in einem Sessel zu sitzen, den Oberkörper leicht zurückgeneigt (wiederum Lordosierung der Lendenwirbelsäule) und die Hände hinter dem Kopf zu verschränken. Eine Körperhaltung, in der es sich offensichtlich leicht und mühelos atmen läßt. Solche Körperhaltungen sind im Bereich des Joga schon lange bekannt und finden weltweite Anwendung.

III. Grundzüge der Anatomie des Atemapparates und der Atemphysiologie

Im folgenden Abschnitt sollen die anatomischen und physiologischen Gegebenheiten und Fakten dargelegt werden, aus denen heraus verständlich wird, daß die Atemwegs-Geometrie keine starre Größe darstellt.

Anatomischer Aufbau des Atemapparates

Statischer Anteil: Der knöcherne Thorax:

Eine Analyse der Anatomie zeigt folgendes Bild: Wirbelsäule, Rippenbögen und Brustbeine sind untereinander beweglich verbunden. Während alle 12 Rippen direkten Anschluß zur Wirbelsäule haben, sind nur die ersten 7 direkt und die folgenden 3 Rippen lediglich indirekt mit dem Brustbein verbunden. Die Rippen 11 und 12 haben keine Verbindung zum

Sternum. Die Rippen 1 bis 10 haben jeweils eine doppelte Verbindung zum entsprechenden Wirbel, mit je einer Gelenkfläche am Wirbelkörper und am Querfortsatz.

Die freien Rippen 11 und 12 artikulieren nur mit einer Gelenkfläche am Wirbel. Die Kontakte Rippe/Sternum sind bei der 2. und 5. Rippe als echtes Gelenk, bei der Rippe 1, 6 und 7 als knorpelige und häufig bei Rippe 3 und 4 als faserknorpelige Verbindung angelegt (Ligamentum sternocostale intraarticulare). Ein solches Ligamentum verknüpft zusätzlich die 2. Rippe mit dem Brustbein. Rippen Nr. 5 bis 9 besitzen an der Berührungsstelle zum Sternum einen kapseligen Überzug, der Lateralebewegungen zuläßt. Legt man eine Gerade durch die Gelenkverbindungen der Rippen 1 bis 10 am Wirbelkörper, so bekommt man eine Bewegungsachse, Rippenhalsachse genannt. Unterschiede im anatomischen Bau der Wirbelkörper und Gelenkflächen bedingen ganz allgemein und speziell bei der 1. bis 10. Rippe einen unterschiedlichen Verlauf der Rippenhalsachsen. Zusammen mit den verschiedenen Bandführungen ergibt die Bewegungsanalyse folgendes Bild: aus der Ruhestellung wird der gegen die Transversalebene um ca. 40 bis 45° geneigte Rippenring um etwa 24° bei der Einatembewegung angehoben. Dabei erweitert sich der Thorax im oberen Abschnitt mehr sagittal aber auch cranial und im unteren Abschnitt mehr transversal. Die 6. bis 10. Rippe vollführt dabei zusätzlich eine inspiratorische Schubbewegung nach hinten/oben (AMTMANN).

Dynamischer Anteil:

a) Atemmuskulatur

Die Kraft, die am knöchernen Thorax Atemarbeit leistet, wird von der dazugehörigen Atemmuskulatur geliefert. An erster Stelle steht das Muskel- und Bändersystem des Zwerchfells, in Funktion und Wirkungsweise durchaus mit

einer Pumpenmembran vergleichbar. Wie diese liefert das Diaphragma einen Großteil der Drucke bzw. der Druckdifferenzen, ohne die eine Atemtätigkeit letztlich undenkbar wäre. Es gilt als allgemein gesichert, daß das Zwerchfell ca. 60% der Volumenarbeit eines Menschen in Ruhe bewältigt.

Ausgehend von seinen Befestigungsstellen an der unteren Thoraxappertur wölbt sich das Diaphragma kuppelartig in den Thoraxinnenraum vor. Eine Unterteilung in die Pars lumbalis, Pars costalis und Pars sternalis erscheint topographisch, aber auch von den Funktionsabläufen her sinnvoll.

Das sehnige Mittelstück (Centrum tendineum) mit Ausziehungen nach sternal dient den Muskelbündeln als Ansatz. Alle Teile dieser feinnervigen und äußerst reagiblen Muskelplatte kontrahieren sich nach dem, was man heute weiß, gleichzeitig, aber mit unterschiedlicher Geschwindigkeit aufgrund anatomisch histologischer Unterschiede im Aufbau der einzelnen Muskelfasern. Ferner findet man eine unterschiedliche Faserlänge der Muskelbündel entsprechend zu ihren Ansatzpunkten an Thorax und Centrum tendineum: die Pars lumbalis zeigt relativ lange, untereinander einheitliche Fasern. Die Pars costalis besteht zum Teil aus sehr langen, aber auch sehr kurzen Fasern im kontinuierlichen Übergang entsprechend ihren Rippenansätzen. Die Pars sternalis hat kurze Muskelfasern (AMTMANN).

Im Funktionsablauf ergibt sich somit rückschließend folgendes Bild: Trotz gleichzeitiger Kontraktion des gesamten Diaphragmas arbeitet der sternale Part schneller als der lumbale und costale Anteil, weil es erst in der endinspiratorischen Phase notwendig ist, die Sinus phrenicocostales als Komplementärräume zu eröffnen und damit der Lunge optimale Ausdehnungsmöglichkeiten zu geben. Einfache Methoden, sich am lebenden Menschen eine Übersicht von der Lungen-

usdehnungsfähigkeit und somit letztlich von der Kontraktionsfähigkeit des Zwerchfells zu verschaffen, sind Perkussion und Lungendurchleuchtung. Bedenkt man die wesentliche Funktion des Zwerchfells bei der Atmung, so läßt sich leicht vorstellen, daß der Umgebungs-Muskulatur, wie z. B. dem Musculus quadratus lumborum oder dem Musculus serratus zumindest nur eine ergänzende Funktion zukommt.

Dar ist das Bild der übrigen Atemmuskulatur: Mm. scaleni und der ventrale Anteil der Mm. intercostales externi und interni wirken als Einatmer, ebenso die Mm. intercostales interni intercartilaginei.

Dazu kommen bei tiefer Inspiration die Mm. levatores costarum, der M. serratus posterior superior und der Sternocleidomastoideus.

Elektromyographische Untersuchungen zeigten, daß die Mm. scaleni während der gesamten Inspiration deutliche Aktivitäten aufwiesen, unmittelbar nachdem das Zwerchfell seine Arbeit aufnahm. Es ist falsch, die Mm. scaleni als Atemhilfsmuskeln zu bezeichnen (MAC CONNAIL/BASMAIJAN, J.I. TAYLOR).

Wenn wir heute sagen, diese oder jene Muskeln sind als Inspiratoren bzw. Exspiratoren tätig, so gehen wir von physikalischen mechanischen Überlegungen aus, die sich nach Ursprung und Ansatz der Muskeln richten. Konkrete, und vor allem biodynamische Aussagen über Muskelaktivitäten können nur elektromyographische Untersuchungen bringen, wie sie TAYLOR für die Intercostalmuskeln gemacht hat, oder MAC CONNAIL und BASMAIJAN für die Scalenusgruppe.

Der dorsale und laterale Anteil der Mm. intercostales interni sowie die Mm. subcostales sind neben dem M. transversus thoracis und M. transversus abdominis als Ausatmer anzusprechen.

Bei stark forcierter Expiration kommen dazu noch die Bauchmuskeln (Bauchmuskelgruppen), die auch beim Defäkationsvorgang eine Rolle spielen. Nachprüfbar für jeden im Selbstversuch ist die Tatsache, daß die Bauchmuskulatur nicht die Expiration einleitet, sondern hilft, diese zu beenden - insbesondere bei schneller, starker Atmung.

b. Stellkräfte und Bänder

Neben der Muskulatur verfügt der Thorax noch über eine große Anzahl elastischer Bänder, vor allem im Bereich der Rippenwirbelgelenke. Nach Verlauf und Anordnung zu den Bewegungsachsen erweisen sich die meisten Bänder als Rippenheber, und zwar dergestalt, daß sie bei starker Ausatmung gedehnt werden und durch ihr Bemühen, in die Ausgangslage zurückzukehren, die Einatmung begünstigen. Der elastischen Kraft der Bänder entgegengesetzt ist der Druck bzw. Gewichtszug der Bauchorgane nach unten und vorn, die bei senkrechter Körperhaltung die Ausatmung unterstützen (s.a. KUMMER).

Atemphysiologie

a) Druckdifferenzen

Die Volumenförderung beim In- und Expirationsvorgang zwecks Gasaustausch erfolgt nach dem Blasebalgprinzip: Wie bei diesem Gebrauchsgegenstand werden Druckdifferenzen bzw. Gefälle zwischen innen (Alveolarraum) und außen (Atmosphäre) aufgebaut, die einen Luftstrom zur Folge haben.

Druckverhältnisse in den zuführenden Luftwegen und Alveolen verhalten sich bei der In- und Expiration entgegengesetzt. Beim Phasenwechsel von In- zu Expiration wird Alveolardruck und atmosphärischer Druck gleich.

Volumendruckbeziehung

registriert man die Volumendruckbeziehung während eines Atemzugs, so erhält man eine Atemschleife (Abb.3). Der auf der X-Achse zugekehrte Schenkel gibt die Verhältnisse während der Inspiration wieder, der der Y-Achse zugewandte Schenkel der Schleife entspricht der Expiration. Legt man durch die Umschlagpunkte eine Gerade, so erhält man die sogenannte Compliance, ein Maß für die Dehnbarkeit der Lunge und/oder des Thorax, ausgedrückt als Volumenänderung pro Einheit der Druckänderung.

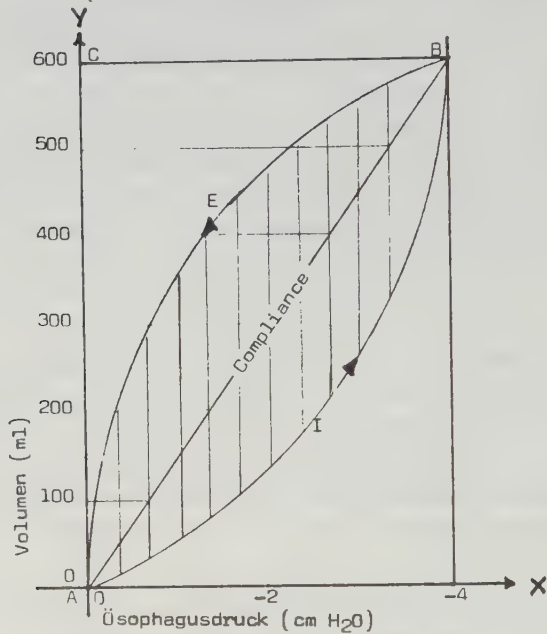
Weiterhin kann man mit Hilfe der Atemschleife die Atemzeit ermitteln und darstellen, die notwendig ist, um die nicht elastischen Widerstände von Lunge und Thorax zu überwinden. Die elastischen Widerstände von Lunge und Thorax sind der Strömungswiderstand in den Atemwegen zu überwinden (Abb. 3) (s.a. OTIS).

Strömungswiderstände in Abhängigkeit von der Atemwegs-Geometrie

Da der Bronchialraum kein starres Röhrensystem ist, sondern Gegenteil ebenso wie das übrige Lungengewebe einer ständigen Tonisierung unterworfen ist (GIEBEL, KAO, RUMBERGER, KROEMER), kommt es im Laufe einer Atembewegung zur Änderung der Atemwegsgeometrie und damit zur Änderung des bronchialen Strömungswiderstandes: beim Gesunden steigt die Resistance in der endexpiratorischen Phase nahezu schlagartig an, da die Atemwege zu diesem Zeitpunkt der Gesamtschnitt der Atemwege stark eingeengt ist. Umgekehrt fällt die Resistance relativ stark in der ersten Inspirationsphase, weil aufgrund der

Abb. No. 3

VOLUMEN-DRUCK-DIAGRAMM EINES ATEMZUGS ⁺
(Schematische Darstellung)



- Fläche AIBC Gesamte Arbeit gegen den elastischen Widerstand des Lungengewebes, den nichtelastischen Widerstand des Lungengewebes und den Strömungswiderstand in den Atemwegen
- Fläche AIB Arbeit gegen den nichtelastischen Widerstand des Lungengewebes und den Strömungswiderstand in den Atemwegen bei der Inspiration
- Fläche ABC Arbeit gegen den elastischen Widerstand des Lungengewebes bei der Inspiration
- Fläche BEA Arbeit gegen den nichtelastischen Widerstand des Lungengewebes und den Strömungswiderstand in den Atemwegen bei der Expiration; die Expiration erfordert keine aktive Arbeit, sondern erfolgt passiv durch die elastische Retraktion der inspiratorisch gedehnten Lunge

⁺ nach DOCUMENTA GEIGY, Wissenschaftliche Tabellen

inspirationsbewegung die Querschnitte des Bronchialsystems vergrößert werden (Abb. 4).

liegt nun eine Ventilationsstörung im Sinne einer Obstruktion vor - ein Krankheitsbild, das immer vom Bronchialbaum selbst ausgeht, im Gegensatz zur Restriktion - so wird klar, daß die normalerweise tonusbedingt und vom Füllungsgrad (Volumen) der Lunge abhängigen Querschnittsänderungen durch die obstruktive Lumeneinengung eine zusätzliche Veränderung erfahren, namentlich bei der Expiration: In Abhängigkeit vom Grad der Lumeneinengung kommt es jetzt nicht erst in der Endexpirationsphase zum raschen Anstieg des Bronchialwiderstandes sondern bereits wesentlich früher (Abb. 4) (s.a. SIEMON, LIMER, BOPP und HERTLE).

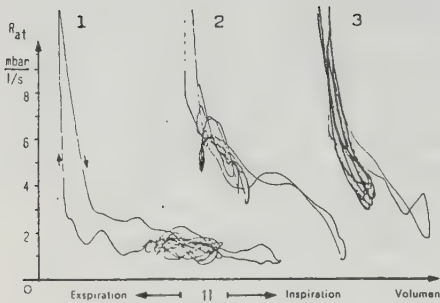
Beim Ausatmen kann der intrathorakale Expirationsdruck die bereits lumen- und elastizitätsveränderten Bronchien durch Bronchospasmus und/oder Hyper- und Dyskrie) verengt, so daß es in der Endphase der Expiration zu einer Stenose kommt, die zu "air trapping" und damit letztlich zum Emphysem kommen kann.

Es besteht zwischen dem Volumen (Füllungsgrad der Lunge) und dem Strömungswiderstand in den Atemwegen eine enge Beziehung, die besonders bei der obstruktiven Ventilationsstörung zum Tragen kommt: man kann sogar von einer volumenabhängigen obstruktiven Bronchitis sprechen.

V. Schlußfolgerungen für die "maximale Inspirationshaltung"

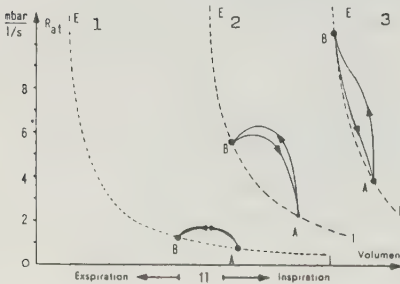
Setzt man die in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen krankengymnastischen Erfahrungen, allgemeine Beobachtungen sowie die Bewegungsmöglichkeiten des Thorax und ihre

Abb. No. 4



Darstellung der Volumenabhängigkeit des Atemwiderstandes (R_{at}) bei verschiedenen Obstruktionsgraden anhand von 3 Registrierbeispielen (Resistance-Volumen-Diagramme) +

- 1) gesunde Person
- 2) Person mit mittlerer Obstruktion
- 3) Person mit schwerer Obstruktion



Darstellung der Volumenabhängigkeit des Atemwiderstandes (R_{at}) anhand von schematisierten Kurvenverläufen +

- a) bei sehr geringem Atemstrom ($\dot{V} \rightarrow 0$) für den Bereich der gesamten Vitalkapazität (gestrichelte Kurve)
- b) bei Ruheatmung ($\dot{V}$ ca. 0,4 l/sec) (ausgezogene Kurve)

I und E = Endpunkte von Inspiration (I) und Expiration (E) der Vitalkapazität

A und B = Endpunkte der Ruheatmung

An den Endpunkten ist kein Atemstrom vorhanden ($\dot{V} = 0$)

Zu 1 (gesunde Person): Während der gesamten Ausatemzeit bleibt die Resistance relativ gering, um endexpiratorisch deutlich anzusteigen, bedingt durch die Querschnittsveränderungen des Bronchialbaumes (gestrichelte Kurve). In- und expiratorische Turbulenzen erhöhen während der Ruheatmung die Resistance nur wenig (ausgezogene Kurve).

Zu 2 (mittlere Obstruktion): Bereits zu Beginn der Expiration ist die Resistance erhöht (I liegt im Vergleich zu 1 höher) und steigt rasch an (gestrichelte Kurve). Die Ruheatmung spielt sich im Bereich höherer Resistancewerte ab (ausgezogene Kurve).

Zu 3 (schwere Obstruktion): Der Resistanceausgangswert I (endinspiratorisch) liegt im Vergleich zu 1 und 2 noch höher, um bei Expiration sofort steil anzusteigen (gestrichelte Kurve). Die Ruheatmung zeigt sehr hohe Resistancewerte (ausgezogene Kurve).

Die Endpunkte A und B der Ruheatmung liegen mit zunehmender Obstruktion immer weiter auseinander, da die mechanischen Querschnittsveränderungen bei In- und Expiration zusätzlich durch Hyper- und Dyskrie u/o Bronchospasmus beeinflusst werden. Dabei bedingen atemsynchrone Volumenänderungen eine sehr große Widerstandsmodulation. (GOLDMAN, SMIDT, LANDSER, BÖLCSKEI)

+ Die grafischen Darstellungen wurden Informationsmaterial der Firma SIEMENS

physiologischen Konsequenzen in Beziehung zu dem relativ starren Asthmathorax mit seinen frustrenen Atembewegungen durch Schulterhochziehen, seinen nahezu unbeweglichen Rippenbögen und seiner Tendenz zum Rundrücken, so ergeben sich für die "maximale Inspirationshaltung" folgende Vorteile:

1. Durch aufrechtes Sitzen mit betonter Lordosierung, unter leichtem Zurückneigen des Oberkörpers, wird beim Verschränken der Hände hinter dem Kopf der Rippenthorax vom Gewicht des Schultergürtels weitgehend befreit und dessen Gewicht direkt von der Wirbelsäule übernommen. Außerdem wird der Tendenz zum asthmatischen Rundrücken entgegengewirkt.

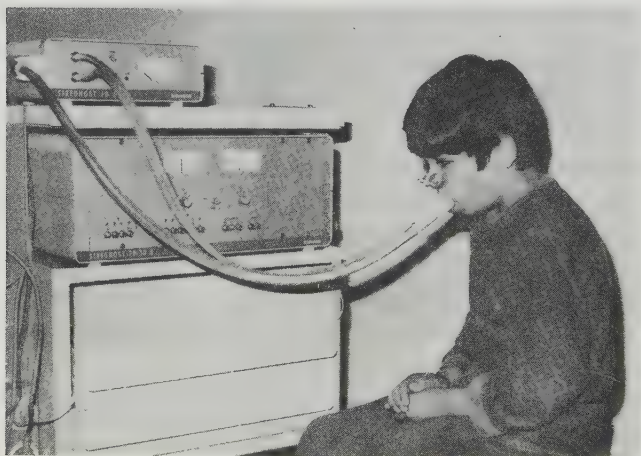
Nimmt man jetzt noch die Ellenbogen zurück, möglichst bis in Schulterblatthöhe oder darüber hinaus, so ergibt sich

2. eine Mobilisation der Rippenbögen um ihre Bewegungsachsen in Richtung Inspiration.
Folge dieser maximalen Erweiterung des knöchernen Thorax ist logischerweise
3. eine erhöhte Spannung im Bereich des Zwerchfells und damit verbunden eine Verschiebung des Diaphragmas ebenfalls in Richtung Inspiration (s. Abb. 2).

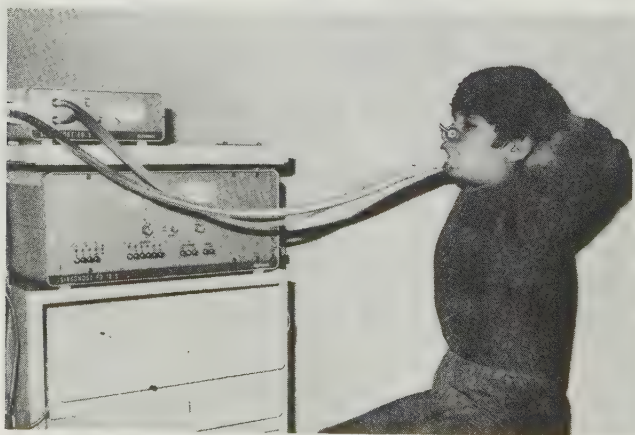
Facit: Wir bekommen eine optimale Thoraxerweiterung und "konservieren" sozusagen die Inspirationsbewegung, bei der nachgewiesenermaßen durch Veränderung der Atemwegs-Geometrie (Erweiterung der Querschnitte) der Strömungswiderstand sinkt.

Gleichzeitig vollzieht der Patient mit der "maximalen Inspirationshaltung" eine sinnvolle Atemübung.

MESSUNG DES ATEMWEGSWIDERSTANDES MIT DEM SIREGNOST F05



Kind bei der Messung des Atemwegswiderstandes in der sogenannten "Normalhaltung"



Kind bei der Messung des Atemwegswiderstandes in der sogenannten "maximalen Inspirationshaltung"

C. Experimenteller Teil

I. Methoden und Meßgeräte

1. Geräte

SIREGNOST FD5 Fa. Siemens

Kleingerät zur Bestimmung des Strömungswiderstandes im Atemtrakt (Beschreibung wurde einem technischen Prospekt der Fa. Siemens entnommen).

Technische Daten des SIREGNOST FD5:

Oszillationsfrequenz	10 Hz
Hubvolumen der Pumpe	1,4 ml
Referenzwiderstand:	
Totraum:	ca. 100 ml
Strömungswiderstand für	
den Atemstrom (0,5 l/s):	ca. 1,5 $\frac{\text{mbar}}{\text{l/s}}$
den Oszillationsstrom:	10 $\frac{\text{mbar}}{\text{l/s}}$
Meßbereich (unter Berücksichtigung	
physiologischer und pathologischer	
Phasenwinkel):	0 - 15 $\frac{\text{mbar}}{\text{l/s}}$

Das Gerät arbeitet nach einer speziellen Oszillationsmethode: Der Proband atmet praktisch unbehindert durch einen Referenzwiderstand (Z_0), der durch einen Schlauch mit genau definierten Abmessungen realisiert ist. Am Mundstück wird ein kleiner, mit 10 Hz oszillierender Volumenstrom eingeprägt, der sich entsprechend dem Widerstandsverhältnis zwischen dem Atemtrakt und dem Referenzwiderstand aufteilt. Der dabei entstehende Wechseldruck wird im Gerät erfaßt und ausgewertet. Der Atemwiderstand ist ohne Umrechnung an einem Zeigerinstrument ablesbar, wahlweise als zeitlicher Mittelwert oder als Momentanwert, der die atemsynchronen Widerstandsänderungen erkennen läßt.

Bei unseren Messungen wurde der Atemwegswiderstand als zeitlicher Mittelwert (Stellung I am Wahlschalter des Gerätes) am Zeigerinstrument des Gerätes nach jeweils 30 Sekunden ruhiger Atmung von 2 Personen abgelesen (bessere Kontrolle).

Die Lungenfunktionswerte (Spirometrien) wurden mit dem GODART-EXPIROGRAPH ermittelt.

Das Gerät arbeitet als geschlossenes System und erlaubt unter anderem die Bestimmung der für unsere Untersuchung notwendigen Parameter

- 1.) Vitalkapazität (VK) in l
- 2.) absolute Einsekundenkapazität in l
- 3.) Atemgrenzwert (AGW) in l/min.

Inhaliert wurde mit dem PARI STANDARD

Es handelt sich um ein Aerosolgerät mit folgenden

Leistungsdaten (entnommen der PARI-Betriebsanleitung):

Teilchengröße:	0,5 - 5,5 Mikron
Nebelleistung:	7 - 22 l/min.
Staudruck:	2,6 bar
Saugleistung:	500 mm Hg/ca. 70%

2. Medikamente

PRIATAN Inhalat "verstärkt"

Zus.: 100 g enth.: Lävísoprenalin-Bitartrat 0,1 g,
l-Dimethylphenyliminothiazolidin-HCl 1g
Proxypheyllin 5g

(Inhalationsflüssigkeit)

Bronchospasmolytikum

TACHOLIQUIN

Tacholiquin Amp. Fl. 1%

Zus.: 1 ml enth.: Tyloxapol 10 mg

Glycerin 50 mg

Natriumhydrogencarbonat 20 mg

(Inhalationsflüssigkeit)

Sekretolytikum

Als Trägersubstanz diente BIOMARIS (Meerestiefenwasser).

Inhaliert wurde jeweils mit

Priatan Inhalat "verstärkt" 0,5 ml + Biomaris 0,5 ml

Tacholiquin 1% 0,5 ml + Biomaris 0,5 ml

3. Probanden (allgemeine Charakteristik)

Die Versuchspersonen rekrutierten sich aus den Patienten des Kinderkrankenhauses Seehospiz / Norderney sowie aus dem Krankenhauspersonal.

4. Statistische Methoden

Die statistische Überprüfung der gefundenen Ergebnisse in Teil I und Teil II erfolgte mit dem Student's t-Test für gepaarte u/o unabhängige Stichproben. Zum Teil wurde auch der Wilcoxon-Test für verteilungsunabhängige Stichproben herangezogen.

Signifikanz wurde angenommen, wenn im zweiseitigen Test die Schranke $p < 0,05$ unterschritten wurde.

II. Versuchsaufbau und Ergebnisse

1. Atemwegswiderstand in Abhängigkeit von der Körperhaltung

Zu beantworten war die Frage, ob zwischen Körperhaltung und Atemwegswiderstand ein Zusammenhang besteht.

a) P r o b a n d e n (Auswahlkriterien und Unterscheidungsmerkmale)

Gemessen wurden 3 Versuchsgruppen:

A: 38 männliche Probanden im Alter zwischen 8 und 12 Jahren (mittel 10 Jahre); Infektanfällige, Bronchitiker, Pollinotiker, Asthmatiker, Neurodermitiker (keiner akut krank)

B: 34 männliche Probanden im Alter zwischen 11 und 15 Jahren (mittel 12 Jahre); Infektanfällige, Bronchitiker, Pollinotiker, Asthmatiker, Neurodermitiker (keiner akut krank)

C: 36 weibliche Probanden im Alter zwischen 16 und 75 Jahren (mittel 32 Jahre); Praktikantinnen, Kinderpflegerinnen, Schwestern, Sekretärinnen, Krankengymnastinnen, Hausfrauen (alle gesund bis auf 1 Asthmatikerin, die z. Z. der Messung beschwerdefrei war).

Einziges Unterscheidungsmerkmal zwischen den Gruppen A und B (jeweils die Belegung einer ganzen Station) war das Durchschnittsalter: (A: $\bar{x}$ 10 Jahre; B: $\bar{x}$ 12 Jahre). Diesen beiden männlichen Probandengruppen (A und B), die in ihrer Zusammensetzung nahezu identisch waren und sich nur durch das Durchschnittsalter unterschieden, wurde bewußt eine inhomogene Frauengruppe mit großer Altersspanne (C: 16 - 75 Jahre) und einem im Vergleich zu den beiden ersten Gruppen relativ hohen Altersdurchschnitt (mittel 32 Jahre) hinzugefügt, deren Anwesenheit am Tage der Messungen dem Zufall überlassen blieb.

b) V e r s u c h s a n o r d n u n g

Bei allen Probanden wurde der Atemwegswiderstand ($\frac{\text{mbar}}{1/\text{sec}}$) mit dem SIREGHOST FD5

1. zunächst in "Normalhaltung" gemessen (ruhig sitzend, die Hände im Schoß, Kopf leicht geneigt, die Nase mit einer Klemme verschlossen)(s. Abb. 5),
2. danach in "maximaler Inspirationshaltung" gemessen (ruhig sitzend, die Hände hinter dem Kopf gefaltet, Ellenbogen weit zurück, mindestens bis in die Höhe der Schulterblätter, Lordosierung der Wirbelsäule, die Nase mit einer Klemme verschlossen)(s. Abb. 5).

Gruppe A und B wurden jeweils während der Vormittagsstunden gemessen, während die Messungen der Gruppe C über einen ganzen Tag verteilt waren.

c) E r g e b n i s s e

Alle 3 Gruppen zeigen eine Senkung des Atemwegswiderstandes während der "maximalen Inspirationshaltung" in nahezu identischen Prozentzahlen: Gruppe A: $\bar{x} = 22,4\%$, Gruppe B: $\bar{x} = 23,5\%$, Gruppe C: $\bar{x} = 23,1\%$ (Diagramm No. I).

War hinsichtlich des Atemwegswiderstandes zwischen den Gruppen A und B ein ähnliches Ergebnis a priori zu erwarten (vgl. Tab. I), so verblüffte das Verhalten von Gruppe C im Vergleich dazu.

Die statistische Überprüfung mit dem Student's t-Test für verbundene Stichproben ergab erwartungsgemäß eine hohe Signifikanz (t für A: 13,9 $2p \ll 0,001$ / t für B: 10,55 $2p \ll 0,001$ / t für C: 8,84 $2p \ll 0,001$), da alle Versuchspersonen gleichsinnig reagierten (d. h. es wurde bei jedem Probanden in "maximaler Inspirationshaltung" eine Senkung der Resistance festgestellt).

Aus den Gruppen A, B, C wurden die bekannten Asthmatiker herausgezogen und als Gruppe A1, B1 und C1 gesondert bewertet (keiner akut krank). Auch hier findet man eine deutliche Differenz zwischen beiden Körperhaltungen: In der "maximalen Inspirationshaltung" zeigt die Gruppe A1 ($n = 14$) eine Senkung um 28,6%, die Gruppe B1 ($n = 13$) eine Senkung um 33,3% sowie die eine Asthmatikerin aus Gruppe C (C1 : $n = 1$) eine Senkung um 23,6%. A1 und B1 konnten mit dem Student's t-Test überprüft werden (A1: $t = 13,6$ $2p \ll 0,001$ / B1: $t = 10,5$ $2p \ll 0,001$ und es wurde ebenfalls eine hohe Signifikanz gefunden. Für C1 entfiel die statistische Überprüfung, da $n = 1$ war (vgl. Tab. No. II und Diagramm No. II).

Tabelle No. I

BEEINFLUSSUNG DES ATEMWEGSWIDERSTANDES DURCH DIE KÖRPERHALTUNG

Gemessen wurde der Atemwegswiderstand 1. in normaler Inhalationshaltung
2. in "maximaler Inspirationshaltung"

Geprüft wurden 3 Probandengruppen:

- A 38 männl. Kinder im Alter von 8 - 12 Jahren (mittel 10 Jahre)
- B 34 männl. Kinder im Alter von 11 - 15 Jahren (mittel 12 Jahre)
- C 36 weibl. Erwachs. im Alter v. 16 - 75 Jahren (mittel 32 Jahre)

Statistischer Vergleich der Atemwegswiderstands-Mittelwerte aus den beiden Körperhaltungen mit Hilfe des Student's t-Test für verbundene Stichproben:

Gruppe	n	Atemwegswiderstand in $\frac{\text{mbar}}{\text{l/sec}}$		Differenz $\bar{d} \pm \text{sd}$	Differenz in %	t	2p
		Normalhltg. $\bar{x} \pm \text{sx}$	"max. Insp." $\bar{x} \pm \text{sx}$				
A	38	$6,2 \pm 0,18$	$4,8 \pm 0,14$	$1,39 \pm 0,62$	22,4	13,9	$\ll 0,001$
B	34	$5,3 \pm 0,21$	$4,0 \pm 0,19$	$1,24 \pm 0,68$	23,5	10,55	$\ll 0,001$
C	36	$4,0 \pm 0,21$	$3,1 \pm 0,15$	$0,99 \pm 0,67$	23,1	8,84	$\ll 0,001$

Tabelle No. II

BEEINFLUSSUNG DES ATEMWEGSWIDERSTANDES DURCH DIE KÖRPERHALTUNG
BEI ASTHMATIKERN VERSCHIEDENER ALTERSGRUPPEN

Gemessen wurde der Atemwegswiderstand 1. in normaler Inhalationshaltung
2. in "maximaler Inspirationshaltung"

Geprüft wurden 2 Probandengruppen sowie 1 Einzelperson:

- A₁ 14 männl. Kinder im Alter von 8 - 11 Jahren (mittel 10 Jahre)
- B₁ 13 männl. Kinder im Alter von 10 - 15 Jahren (mittel 12 Jahre)
- C₁ 1 weibl. Erwachsene im Alter von 21 Jahren

Statistischer Vergleich der Atemwegswiderstands-Mittelwerte aus den beiden Körperhaltungen mit Hilfe des Student's t-Test für verbundene Stichproben:

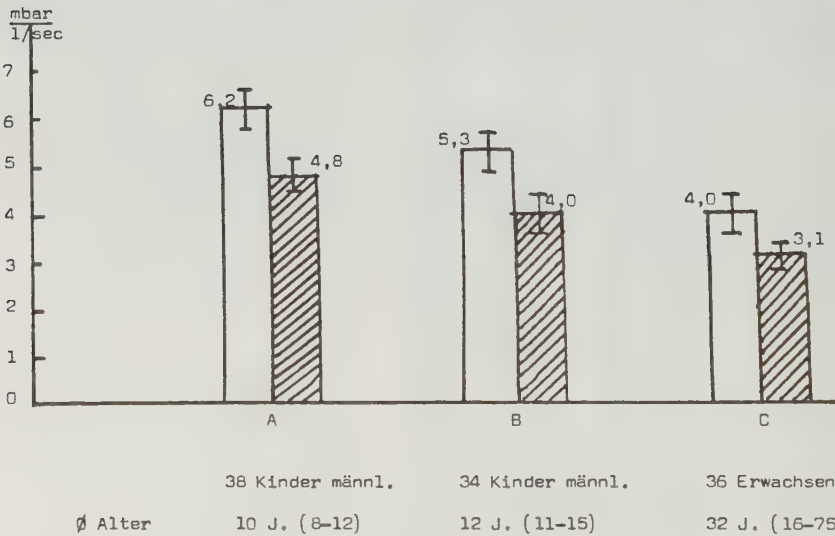
Gruppe	n	Atemwegswiderstand in $\frac{\text{mbar}}{\text{l/sec}}$		Differenz $\bar{d} \pm \text{sd}$	Differenz in %	t	2p
		Normalhltg. $\bar{x} \pm \text{sx}$	"max. Insp." $\bar{x} \pm \text{sx}$				
A ₁	14	$7,0 \pm 0,3$	$5,0 \pm 0,28$	$2,0 \pm 0,56$	28,6	13,6	<<0,001
B ₁	13	$5,7 \pm 0,33$	$3,8 \pm 0,30$	$1,9 \pm 0,651$	33,3	10,5	<<0,001
C ₁	1	8,5	6,5	2,0	23,6	-	-

Diagramm No. I

HERABSETZUNG DES ATEMWEGSWIDERSTANDES DURCH DIE
"MAXIMALE INSPIRATIONSHALTUNG" $\bar{x} \pm 2S_x$

gemessen mit dem SIREGNOST FDS +

□ normaler Sitz ▨ maximale Inspirationshaltung



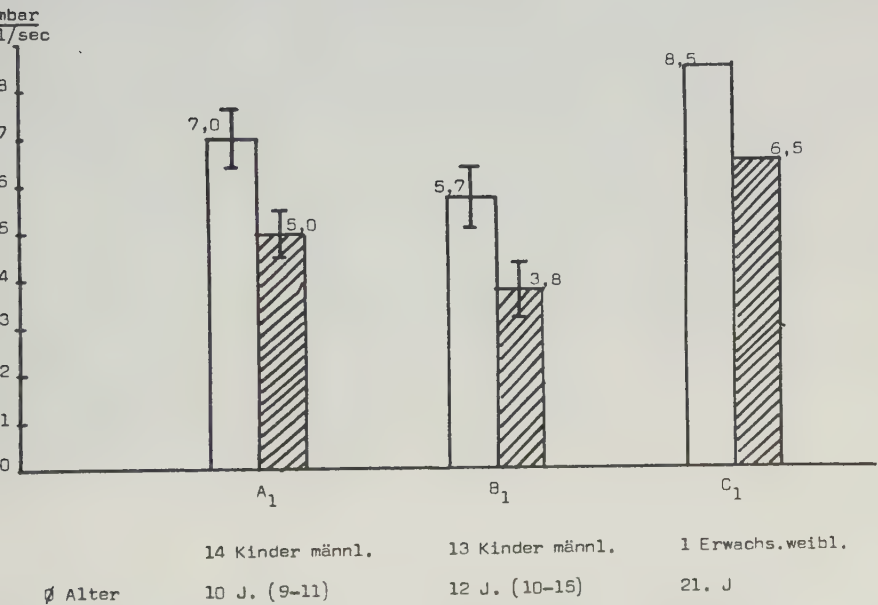
+ Leihgabe der Firma SIEMENS

Diagramm No. II

HERABSETZUNG DES ATEMWEGSWIDERSTANDES DURCH DIE
"MAXIMALE INSPIRATIONSHALTUNG"
BEI ASTHMATIKERN $\bar{x} \pm 2s_x$

gemessen mit dem SIREGNOST FD5 +

□ normaler Sitz ▨ maximale Inspirationshaltung



+ Leihgabe der Firma SIEMENS

2. Vergleich der Effekte zwischen Inhalation in normaler Körperhaltung und der "maximalen Inspirationshaltung"

Im zweiten Teil der Untersuchungen wurde der Einfluß der Körperhaltung auf die Inhalation von Priatan und die Inhalation von Tacholiquin überprüft (vgl. Tab. III und V)

a) P r o b a n d e n (Besonderheiten und Auswahlkriterien)

Als Versuchspersonen dienten insgesamt 117 Kinder mit Asthma bronchiale (auch gleichzeitig mit Neurodermitis) im Alter von 6 1/2 - 15 Jahren (mittel 10 1/2 Jahre), die geistig normal entwickelt waren, um den technischen Anforderungen des Versuchsablaufs gewachsen zu sein.

Es handelte sich ausschließlich um Neuaufnahmen.

Alle infrage kommenden Kinder wurden möglichst bald nach der stationären Aufnahme in Norderney den jeweiligen Untersuchungsreihen zugeführt. Spaziergänge (Aufenthalt am Strand usw.) vor den Untersuchungen waren nicht gestattet. War unmittelbar nach der Ankunft eine intensive Therapie nötig (z. B. bei starker Dyspnoe), so kamen diese Kinder für die Untersuchungsreihe nicht in Frage. Vor den spirometrischen Untersuchungen durfte nicht inhaliert werden.

b) V e r s u c h s a n o r d n u n g

Der Versuch erstreckte sich über 2 Tage, wobei beide Medikamente an jedem Versuchstag hintereinander verabreicht wurden. An einem Tag wurde das Inhalationsprogramm in Normalhaltung, am anderen Versuchstag in "maximaler Inspirationshaltung" abgewickelt.

Die Verteilung der beiden Inhalationshaltungen auf den 1. bzw. 2. Versuchstag erfolgte zufallsmäßig mit einer A/B Randomisierung.

Inhalation in den verschiedenen Körperhaltungen:

- A Inhalation mit Maske im Sitzen ohne genaue Vorschriften, sogenannte "Normalhaltung"

- B Inhalation mit Mundstück und Nasenklemme im Sitzen nach genauer Anweisung: Hände hinter dem Kopf gefaltet, Ellenbogen bis in Höhe der Schulterblätter zurück, Lordosierung der Lendenwirbelsäule, sogenannte "maximale Inspirationshaltung".

Da ausschließlich der Einfluß der Körperhaltung auf die Inhalationswirkung überprüft werden sollte, ging jeder Inhalationstechnik eine Basisspirometrie in Normalhaltung voraus, um vergleichbare Ausgangswerte zu finden.

Zeitlicher Ablauf der Versuchsreihen

1. Tag

- | | |
|-----------------|---------------------------------------|
| Untersuchung 1a | 1. Kind mit Inhalation A (norm.) |
| 2a | 2. Kind mit Inhalation B (max. Insp.) |
| 3a | 3. Kind mit Inhalation A (norm.) |
| 4a | 4. Kind mit Inhalation B (max. Insp.) |
| 5a | 5. Kind mit Inhalation A (norm.) |

2. Tag

- | | |
|-----------------|---------------------------------------|
| Untersuchung 1b | 1. Kind mit Inhalation B (max. Insp.) |
| 2b | 2. Kind mit Inhalation A (norm.) |
| 3b | 3. Kind mit Inhalation B (max. Insp.) |
| usw. | |

Diese Anordnung wurde getroffen, um keine der beiden Inhalationsmethoden durch die zeitliche Reihenfolge zu bevorzugen bzw. zu benachteiligen. Zwischen den verschiedenen Inhalationsmethoden und ihren spirometrischen Auswertungen lagen bei jedem einzelnen Kind 24 Stunden, so daß eine gegenseitige Beeinflussung der Inhalationen praktisch vermieden wurde. Ein weiterer Vorteil dieser alternierenden Versuchsanordnung war, daß jedes Kind mit den verschiedenen Inhalationsmethoden zur jeweils gleichen Tageszeit inhalieren konnte, womit tageszeitliche Schwankungen ausgeschaltet waren.

Spirometrie: immer in herkömmlicher normaler Körperhaltung im Sitzen durchgeführt

- a) ruhige Atmung
- b) Schnellgang
- c) Vitalkapazität und Tiffeneau-Wert (3x) mit jeweils 1 Minute Pause
- d) Atemgrenzwert

Gesamtdauer ca. 8 Minuten

Ablauf des Einzelversuches (2x pro Kind)

- | | |
|-----------------------------------|---------|
| a) Basisspirometrie | 8 min. |
| b) Inhalation mit Priatan | 5 min. |
| c) Pause | 15 min. |
| d) Spirometrie (nach Priatan) | 8 min. |
| e) Inhalation mit Tacholiquin | 5 min. |
| f) Pause | 15 min. |
| g) Spirometrie (nach Tacholiquin) | 8 min. |

Für jedes Kind kamen 6 Spirometrien zur Anwendung: pro Inhalationsmethode 3 (Basis; nach Priatan; nach Tacholiquin)
Für alle Probanden (n = 117) wurden aus den einzelnen Spirometrien folgende spirometrische Parameter errechnet:

- 1.) Vitalkapazität (VK-Ist/VK-Soll in %)
- 2.) Einsekundenkapazität (Tiffeneau in % der VK)
- 3.) Einsekundenkapazität Ist/VK-Soll in %
- 4.) Atemgrenzwert (AGW in l/min.)

Aus den Einzelwerten pro Kind und Inhalationsmethode wurden für jeden Parameter die Gesamtdurchschnittswerte ($\bar{x}$) und die Standardabweichungen ($S^{\pm}$; $S_{\bar{x}}^{\pm}$) errechnet und den jeweiligen Inhalationsmethoden zugeordnet.

Anhand dieser Durchschnittswerte konnten nun die Inhalationsmethoden verglichen werden (VK-Soll nach der Tab. von STEWARD u. SHEETS).

c) E r g e b n i s s e

Der Vergleich zwischen den gefundenen Werten aus den Basisspirometrien beider Untersuchungsreihen zeigt, daß zwischen ihnen kein statistisch feststellbarer Unterschied besteht (vgl. Tab. VII). Somit kann man die gefundenen Werte aus den Basisspirometrien zum Vergleich hinsichtlich eventueller Steigerungsraten heranziehen (vgl. Tab. VII sowie IV und VI).

Vergleich der Priatan-Werte:

1. Nach der Inhalation von Priatan in Normalhaltung finden wir für den Parameter VK-Ist/VK-Soll in % eine Steigerung von $e_1 \bar{x} = 6,9$, wobei $S_{\bar{x}} = 1,25$ beträgt (Tab. III).

In "maximaler Inspirationshaltung" beträgt die Steigerung jedoch $e_2 \bar{x} = 11$, wobei $S_{\bar{x}} = 1,22$ beträgt (Tab. V).

Dieser Unterschied von $d\bar{x} = 4,15$ ist statistisch hochsignifikant (vgl. Tab. VII).

2. Bei der Einsekundenkapazität (Tiff.) in % der Vitalkapazität finden wir in Normalhaltung einen Wert von $f_1 \bar{x} = 83,6$ (Tab. III).

Bei der "maximalen Inspirationshaltung" findet man einen Wert von $f_2 \bar{x} = 83,5$ (Tab. V).

Ein signifikanter Unterschied ist nicht feststellbar (vgl. Tab. VII).

3. Die Veränderung des Parameters Einsekundenkapazität-Ist/VK-Soll in % beträgt bei Normalhaltung $g_1 \bar{x} = 89,4$, $S_{\bar{x}} = 1,35$ (Tab. III).

Bei der "maximalen Inspirationshaltung" jedoch findet man einen Wert von $g_2 \bar{x} = 93,3$, $S_{\bar{x}} = 1,32$ (Tab. V).

Dieser Unterschied von $d\bar{x} = 3,95$ ist statistisch signifikant (Tab. VII).

4. Der Atemgrenzwert (AGW in l/min.) zeigt nach Inhalation in Normalhaltung einen Wert von $h_1 \bar{x} = 53,4$, $S_{\bar{x}} = 1,38$ (Tab. III).

Nach der Inhalation in "maximaler Inspirationshaltung" finden wir eine Steigerung auf $h_2 \bar{x} = 58,7$, $S_{\bar{x}} = 1,53$ (Tab. V).

Die Differenz von $d\bar{x} = 5,3$ ist statistisch signifikant (Tab. VII).

Vergleich der Tacholiquinwerte

Die gleichen spirometrischen Parameter wurden noch einmal nach der auf die Priatan-Inhalation folgende Tacholiquin-Inhalation bestimmt:

1. Wir finden bei VK-Ist / VK-Soll in % im Vergleich zur Normalhaltung $i_1 \bar{x} = 7,6$, $S_{\bar{x}} = 1,28$ (Tab. III) eine Steigerung bei der "maximalen Inspirationshaltung" auf $i_2 \bar{x} = 12,1$, $S_{\bar{x}} = 1,37$ (Tab. V).

Die Differenz von $d\bar{x} = 4,53$ ist statistisch signifikant (Tab. VII).

2. Bei der Einsekundenkapazität (Tiff.) in % der Vitalkapazität finden wir in Normalhaltung einen Wert von $k_1 \bar{x} = 83,3$, $S_{\bar{x}} = 0,72$ (Tab. III) und in der "maximalen Inspirationshaltung" einen Wert von $k_2 \bar{x} = 82,8$, $S_{\bar{x}} = 0,66$ (Tab. V).

Eine statistische Signifikanz für den Unterschied besteht nicht (Tab. VII).

3. Die Veränderung beim Parameter Einsekundenkapazität-Ist/VK-Soll in % ist ebenfalls nicht statistisch signifikant: $d\bar{x} = 3,2$ (Tab. VII); obwohl zahlenmäßig eine Steigerung von $l_1 \bar{x} = 89,8$, $S_{\bar{x}} = 1,36$ in Normalhaltung auf $l_2 \bar{x} = 93,0$, $S_{\bar{x}} = 1,37$ in "maximaler Inspirationshaltung" zu verzeichnen ist (Tab. VII).

4. Ebenso verhält es sich mit dem Atemgrenzwert (AGW in l/min.): Wir haben zwar eine zahlenmäßige Steigerung von $m_1 \bar{x} = 55,2$, $S_{\bar{x}} = 1,39$ (Tab. III) in Normalhaltung auf $m_2 \bar{x} = 58,9$, $S_{\bar{x}} = 1,54$ in "maximaler Inspirationshaltung" (vgl. Tab. V), aber wie aus Tab. VII ersichtlich ist, bekommen wir für $d\bar{x}$ 3,7 keine statistische Signifikanz.

Betrachtet man die einzelnen Gruppen an den verschiedenen Tagen, so findet man, daß das Inhalationsverfahren, das am 1. Tag angewandt wird, prinzipiell eine große Steigerungsrate bringt, völlig unabhängig von der Körperhaltung. Beeindruckend ist jedoch, daß es trotz erhöhter Basiswerte (Anpassung und Medikamentenwirkung vom 1. Tag) für die maximale Inspirationshaltung auch am 2. Tag noch eine Steigerung gibt. Die Steigerung der Vitalkapazität durch Priatan bei der Normalhaltung am 1. Tag beträgt 5,7%, bei der maximalen Inspirationshaltung am 2. Tag 6,1% (vgl. Diagramm No. VI).

Die Tabellen IV und VI zeigen zur besseren Information noch einmal die individuellen Steigerungsraten bei den verschiedenen Inhalationshaltungen und Gruppen im Vergleich zur Basis.

Tabellarische Darstellung der errechneten durchschnittlichen Meßergebnisse
aus den spirometrischen Untersuchungen nach Inhalation in

NORMALER INHALATIONSHALTUNG
MIT MASKE

Abelle No. III

	Basis				nach Priatan				nach Tacholiquin			
	VK-Ist/ VK-Soll in %	Tiff. in %	Einsek. Ist/ VK-Soll in %	A G W in l/min	VK-Ist/ VK-Soll in %	Tiff. in %	Einsek. Ist/ VK-Soll in %	A G W in l/min	VK-Ist/ VK-Soll in %	Tiff. in %	Einsek. Ist/ VK-Soll in %	A G W in l/min
	a ₁	b ₁	c ₁	d ₁	e ₁	f ₁	g ₁	h ₁	i ₁	k ₁	l ₁	m ₁
Gruppe A Maske 1. Tag	+ 1,3	81,2	81,8	44,9	+ 7,0	84,5	90,2	53,7	+ 8,0	84,3	90,9	57,4
Gruppe B Maske 2. Tag	+ 5,9	80,0	85,2	49,2	+ 6,7	82,6	88,6	53,2	+ 7,2	82,3	88,7	53,0
$\bar{x}$	+ 3,6	80,6	83,5	47,1	+ 6,9	83,6	89,4	53,4	+ 7,6	83,3	89,8	55,2
$\pm S$	1,33	9,83	15,47	13,47	13,47	8,73	14,70	14,98	13,81	7,88	14,78	15,11
$\pm S_{\bar{x}}$	0,94	0,91	1,43	1,25	1,25	0,81	1,35	1,38	1,28	0,72	1,36	1,39

- 32 -

Abelle No. IV

	Priatan/Basis				Tacholiquin/Basis				Tacholiquin/Priatan			
	e ₁ -a ₁	f ₁ -b ₁	g ₁ -c ₁	h ₁ -d ₁	i ₁ -a ₁	k ₁ -b ₁	l ₁ -c ₁	m ₁ -d ₁	i ₁ -e ₁	k ₁ -f ₁	l ₁ -g ₁	m ₁ -h ₁
Gruppe A Maske 1. Tag	5,7	3,3	8,4	8,8	6,6	3,2	9,2	12,5	1,0	- 0,1	0,7	3,7
Gruppe B Maske 2. Tag	0,9	2,7	3,4	4,0	1,4	2,3	3,5	3,9	0,5	- 0,3	0,1	- 0,2

"MAXIMALER INSPIRATIONSHALTUNG"
MIT MUNDSTÜCK UND NASENKLEMME

Tabelle No. V

	Basis				nach Priatan				nach Tacholiquin			
	VK-Ist/ VK-Soll in %	Tiff. in %	Einsek.- Ist/ VK-Soll in %	A G W in l/min.	VK-Ist/ VK-Soll in %	Tiff. in %	Einsek.- Ist/ VK-Soll in %	A G W in l/min.	VK-Ist/ VK-Soll in %	Tiff. in %	Einsek.- Ist/ VK-Soll in %	A G W in l/min.
	a ₂	b ₂	c ₂	d ₂	e ₂	f ₂	g ₂	h ₂	i ₂	k ₂	l ₂	m ₂
Gruppe A Mundstück 2. Tag	+ 6,3	81,5	86,5	51,8	+ 12,4	83,9	94,6	62,8	+ 12,4	83,5	94,0	62,3
Gruppe B Mundstück 1. Tag	- 0,1	80,5	80,6	43,9	+ 9,6	83,1	91,9	54,7	+ 11,9	82,1	92,1	55,6
$\bar{x}$	+ 3,2	81,0	83,5	47,8	+ 11,0	83,5	93,3	58,7	+ 12,1	82,8	93,0	58,9
$\pm s$	15,55	9,07	15,60	13,70	13,16	7,56	14,25	17,13	14,28	7,20	14,90	16,50
$\pm s_{\bar{x}}$	1,43	0,83	1,44	1,27	1,22	0,70	1,32	1,58	1,32	0,66	1,37	1,53

Tabelle No. VI

	Priatan/Basis				Tacholiquin/Basis				Tacholiquin/Priatan			
	e ₂ -a ₂	f ₂ -b ₂	g ₂ -c ₂	h ₂ -d ₂	i ₂ -a ₂	k ₂ -b ₂	l ₂ -c ₂	m ₂ -d ₂	i ₂ -e ₂	k ₂ -f ₂	l ₂ -g ₂	m ₂ -h ₂
Gruppe A Mundstück 2. Tag	6,1	2,4	8,1	11,1	6,1	2,1	7,5	10,5	- 0,02	- 0,4	- 0,6	- 0,6
Gruppe B Mundstück 1. Tag	9,7	2,6	10,7	10,9	11,9	1,7	11,5	11,7	2,2	- 0,9	0,9	0,9
$\bar{x}$	7,9	2,5	9,4	11,0	9,0	1,8	9,5	11,1	1,1	- 0,7	0,1	0,1

Tabelle No. VII

EFFEKT DER "MAXIMALEN INSPIRATIONSHALTUNG AUF DIE
INHALATIONSWIRKUNG VON PRIATAN UND TACHOLIQVIN IM
VERGLEICH ZUR NORMALHALTUNG

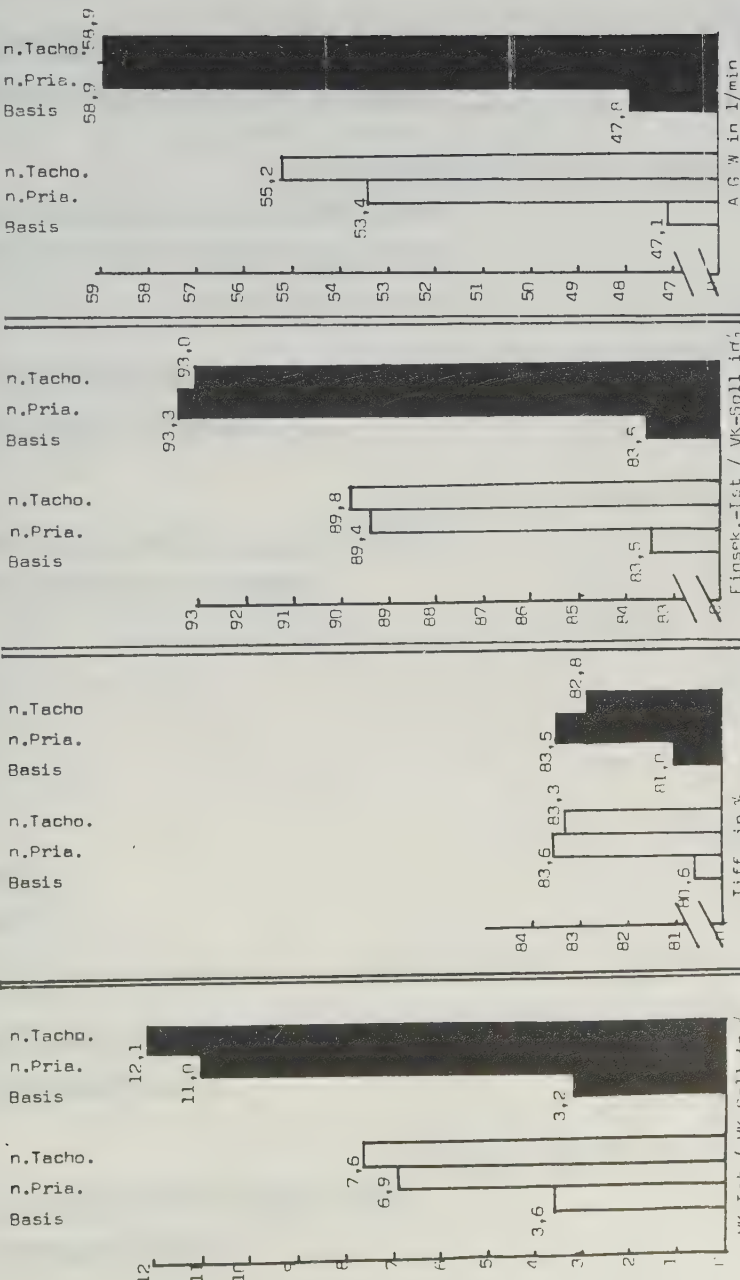
Statistischer Vergleich der in den Tabellen No. III und V
aufgeführten spirometrischen Parameter mit Hilfe des
Student's t-Test

	"max.Insp." Normalhaltg.	$\bar{dx}$	t	2p
Basis	a_2 / a_1	- 0,4	0,278	n.s.
	b_2 / b_1	0,43	0,349	n.s.
	c_2 / c_1	0	0,010	n.s.
	d_2 / d_1	0,7	0,412	n.s.
Priatan	e_2 / e_1	4,15	2,390	< 0,02
	f_2 / f_1	0	0,028	n.s.
	g_2 / g_1	3,95	2,093	< 0,05
	h_2 / h_1	5,3	2,532	< 0,02
Tacholiquin	i_2 / i_1	4,53	2,474	< 0,02
	k_2 / k_1	- 0,5	0,508	n.s.
	l_2 / l_1	3,2	1,658	n.s.
	m_2 / m_1	3,7	1,794	n.s.

mm No. III

schwarz: maximale Inspirationshaltung mit Mundst. u. Nasenklemme

weiss: normale Haltung mit Maske

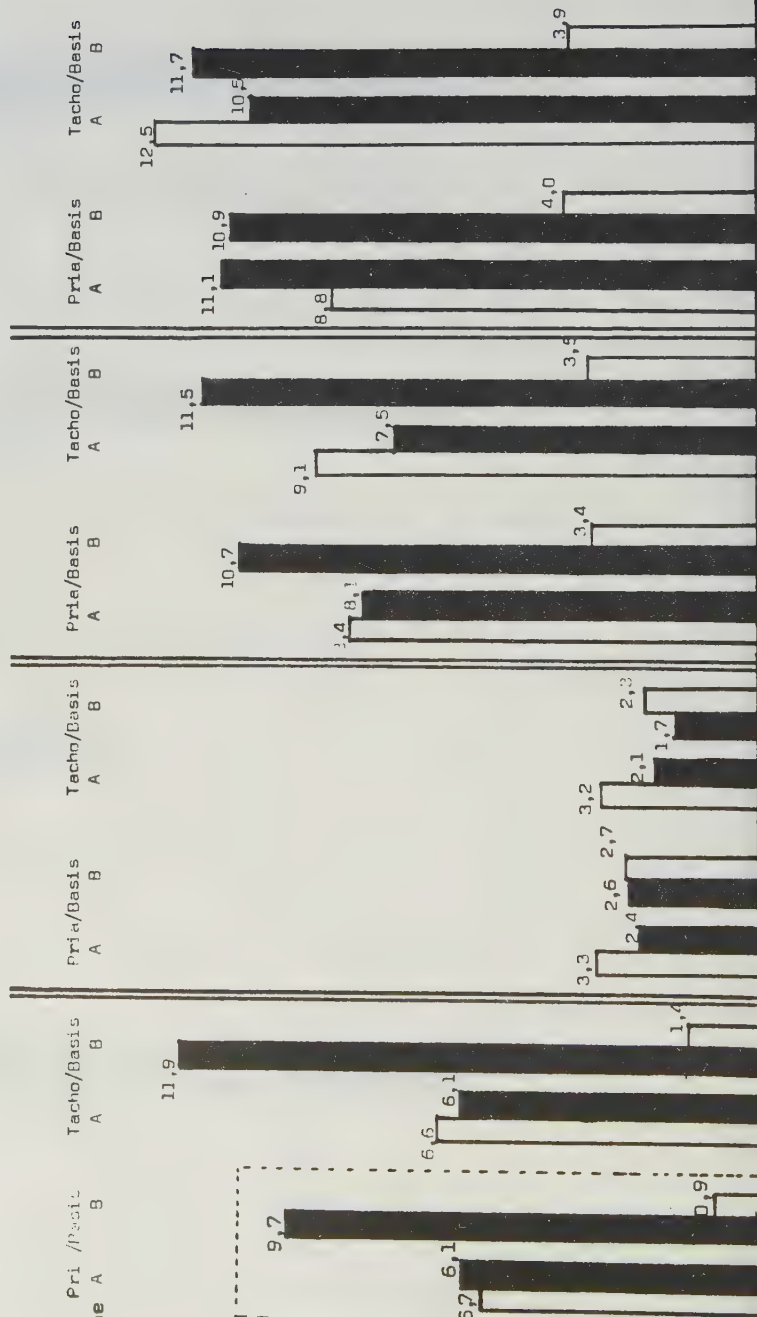


unabhängig von der Inhalationshaltung erkennt man einen Anstieg der Vitalkapazität, des Einsek.-Ist/VK-Sollwertes und des Atemgrenzwertes nach Inhalation mit Priatan. In "max.Insp." ist der Anstieg signifikant höher als bei der norm.Haltung (Tab. VII). Unbeeinträchtigt bleibt die Tiffenau-Wert. Die anschließende Tacholiquin-Inhalation führt zu einer nur noch geringfügigen Besserung der spirometrischen Parameter für die norm.Haltung während in der "max. Insp." bereits nach Priatan die biologische Leistungsgrenze erreicht ist. Dabei vermischt sich der statistisch signifikante Unterschied zwischen den beiden Körperhaltungen für den Einsek.-Ist/VK-Sollwert und den Atemgrenzwert, während er für die Vitalkapazität erhalten bleibt.

VERÄNDERUNGEN ZUR BASISPIROMETRIE

-Vergleich der Gruppen A und B- (Tabellen No. IV und VI)
 Dargestellt werden die durchschnittlichen Veränderungen der Meßergebnisse für beide Inhalations-
 methoden in Bezug zur Basispirometrie, wobei zusätzlich Gruppe A und Gruppe B miteinander ver-
 glichen wird. Der zeitliche Ablauf der Inhalationshaltung findet somit Berücksichtigung.

weiß: normale Haltung mit Maske schwarz: maximale Inspirationshaltung mit Mundst.u.Nasenk1.



Verglichen werden die durchschnittlichen Veränderungen der Meßergebnisse für beide Inhalationsmethoden in Bezug zur Basispirometrie, wobei aus den Gruppen A und B für die jeweilige Inhalationsmethode der Mittelwert gebildet wurde. Der zeitliche Ablauf der Inhalationsmethoden findet somit keine Berücksichtigung.

weiß: normale Haltung mit Maske schwarz: maximale Inspirationshaltung mit Mundst. u. Nasenkl.

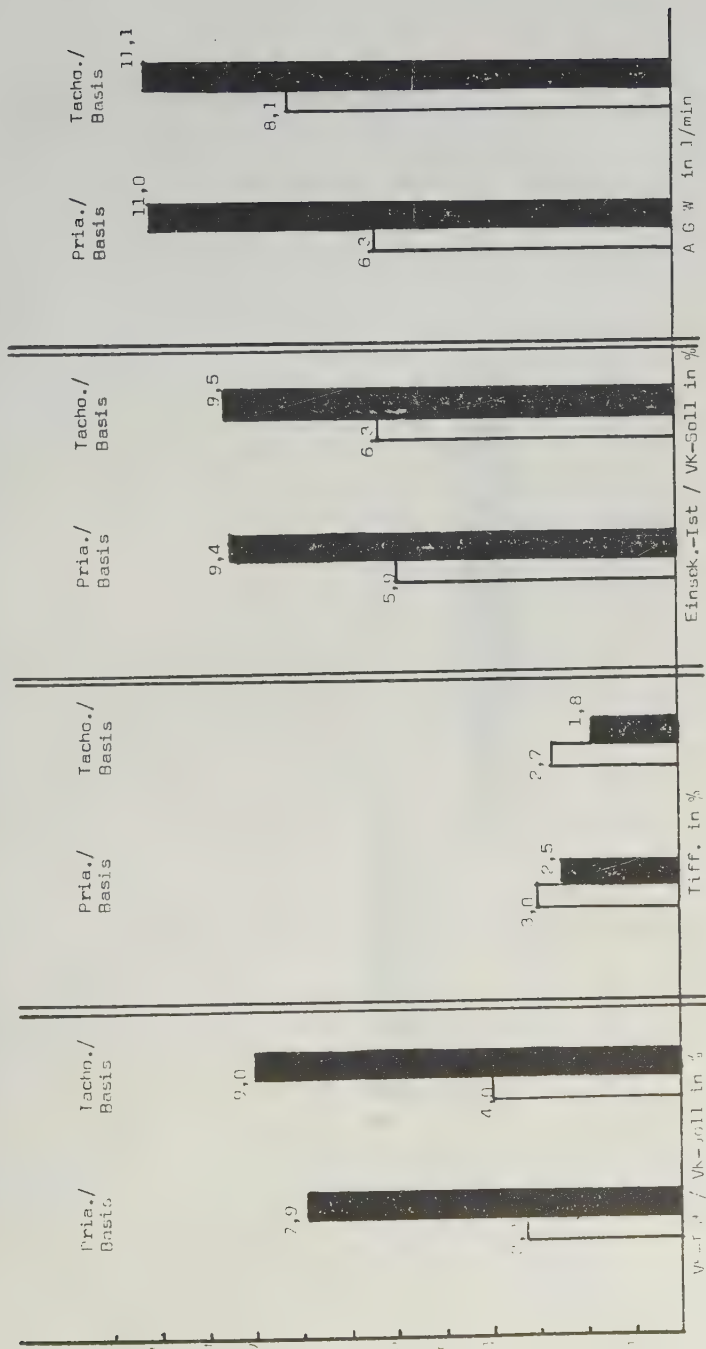
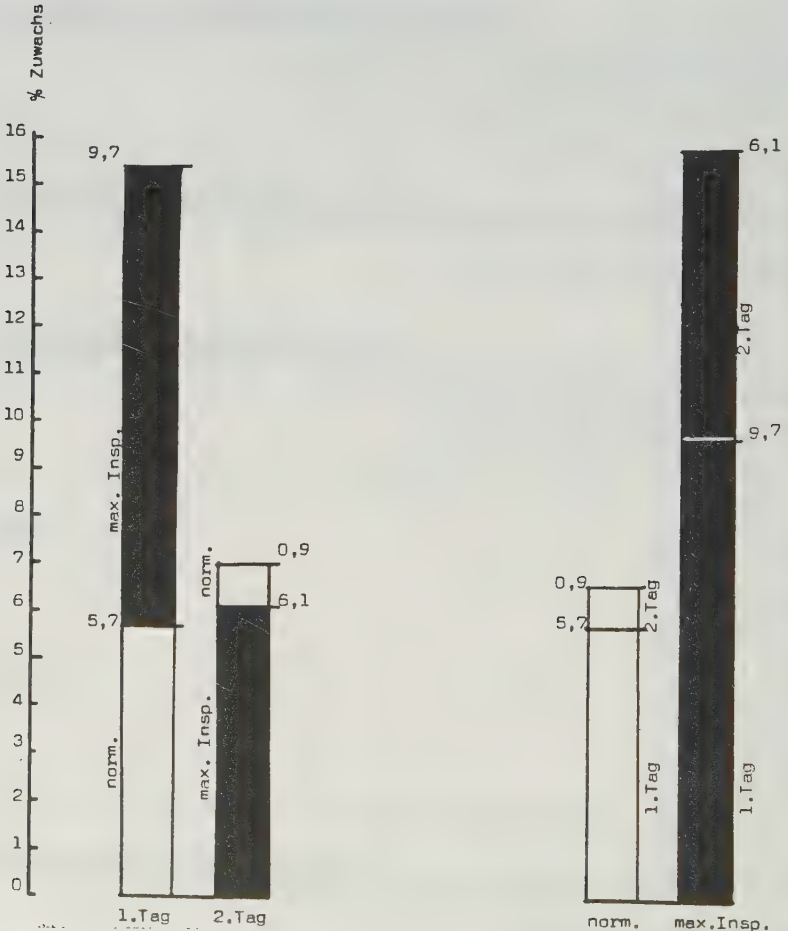


Diagramm No. VI

VERÄNDERUNGEN ZUR BASISSPIROMETRIE DES WERTES
VK-IST / VK-SOLL IN % NACH INHALATION MIT PRIATAN

Dargestellt wird die Überlegenheit der "maximalen Inspirationshaltung" gegenüber der normalen Inhalation:



Die Steigerung in % der Vitalkapazität am 1. Tag ist größer als am 2. Tag, da die Basiswerte des 2. Tages bereits höher liegen (Adaptation und Medikamentenwirkung vom Vortage). Die Inhalation in "maximaler Inspirationshaltung" führt jedoch trotzdem auch am 2. Tag noch zu einer größeren Steigerung als bei normaler Inhalationshaltung am 1. Tag.

Nimmt man die Steigerungsrate für die jeweiligen Inhalationshaltungen vom 1. und 2. Tag zusammen, so zeigt die "maximale Inspirationshaltung" eine 100% ige Überlegenheit gegenüber der Normalhaltung

D. Diskussion

Die am Ende der Einleitung aufgeworfene Frage, ob zwischen der Körperhaltung und dem Atemwegswiderstand ein Zusammenhang besteht, muß nach unseren Untersuchungen eindeutig bejaht werden. Anatomisch-physiologische Überlegungen (GIEBEL, KAO, RUMBERGER, ULMER) lassen folgenden Schluß zu: Die Änderung der Körperstellung von normaler Sitzhaltung zur "maximalen Inspirationshaltung" ist ein biomechanischer Vorgang; - kommt es dabei zur Senkung des Atemwegswiderstandes, so kann dieser Umstand ebenfalls nur auf einem biomechanischen Vorgang beruhen: Es muß durch die "maximale Inspirationshaltung" eine mechanische Erweiterung des Bronchiallumens erfolgen.

Die Ergebnisse des experimentellen Teils Nr. 1 (direkte Atemwegswiderstandsmessung mit dem FD5 Siregnost) zeigten deutlich, daß es aufgrund der "maximalen Inspirationshaltung" zu einer Senkung des Atemwegswiderstandes kommt.

Bemerkenswert ist, daß alle Personen eine Senkung der Resistance in "maximaler Inspirationshaltung" gegenüber der "Normalhaltung" aufweisen. Die Veränderungen verlaufen alle in eine Richtung (Senkung). Bei der statistischen Auswertung wird diesem Umstand durch eine außerordentlich hohe Signifikanz Rechnung getragen.

War aufgrund der Ähnlichkeit zwischen Gruppe A und B auch ein annähernd gleiches Verhalten der Resistance zu erwarten, so überraschte doch die Übereinstimmung zwischen den beiden einander ähnlichen männlichen Gruppen (A und B) und ihren relativ niedrigen Altersdurchschnitten (mittel 10 Jahre bzw. 12 Jahre), mit der inhomogenen weiblichen Gruppe (C) und ihrem im Vergleich dazu hohen Altersdurchschnitt (mittel 32 Jahre). Alle 3 Gruppen weisen eine fast identische Senkungsrate auf (ca. 23%) (vgl. Tab. Nr. I und II).

Nimmt man aus den Gruppen die bekannten Asthmatiker (keiner akut krank) für sich, so findet man ebenfalls eine deutliche Senkung des Atemwegswiderstandes während der "maximalen Inspirationshaltung" mit einer hohen Signifikanz für die Gruppen A1 und B1 (vgl. Tab. Nr. II).

Asthma heißt nichts anderes als "Luftnot", bedingt durch eine Ventilationsstörung (Obstruktion), die vom Bronchialsystem selbst ausgeht oder durch Druck von außen verursacht wird (Hyperkrinie, Dyskrinie und/oder Bronchospasmus) (s.a. SIEMON, ULMER, BOPP u. HERTLE) - im Gegensatz zur Restriktion (Einschränkung der belüfteten Oberfläche, z. B. durch Tumorgewebe, Morbus Boeck, Hammond-Rich-Syndrom) - (s.a. BÜHLMANN/SIEGENTHALER, HÖTTER).

Die wesentlichsten Veränderungen am Bronchus des Asthmaticus liegen endobronchial: Wir finden eine Meta- und Hyperplasie des Bronchialepithels (SCHMIDT, HARMS), die Schleimdrüsen selbst nehmen an Größe zu (positiver Reid'scher Index) (s.a. GIESE, HARTUNG, HIERONYMI) und es kommt zur Ansammlung von zähem Schleim in den Bronchiallichtungen (GIESE, GLOOR, GÜNTNER, HARMS). Man findet häufig eine schwere Eosinophilie sowie Charcot-Leyden'sche Kristalle (SANERKIN et al.) und Cruschmann'sche Spiralen (HARTUNG, ZOLLINGER). Herniöse Schleimhaut-Ausstülpungen (MÖNKEBERG) und Elastica-Polster (PAGEL) können ebenso vertreten sein. Erwähnenswert wäre noch die Hyperämie und das Oedem der Bronchial-Schleimhaut (s.a. GIESE, SANDRITTER, ZOLLINGER, OTTO).

Die wichtigste Funktion der Bronchial-Muskulatur besteht in der Tonisierung der Wände (ENGEL). Es muß bei häufigem Bronchospasmus letztlich auch ein Elastizitätsverlust des Lungenstützgewebes und damit ein Nachlassen der bronchodilatatorischen Komponente resultieren (HÖTTER, ULMER). Alle diese Veränderungen können schon beim Kind vorhanden sein (s.a. HARMS, MÖLLER, URBAN, RICHARDS, DEES).

Wir können also bei der gesicherten Diagnose "Asthmatiker" davon ausgehen, daß zumindest ein Teil der aufgeführten pathologischen Veränderungen auch bei unseren Asthmatikern in den Gruppen A1, B1, C1 vorhanden ist.

Wenn wiederum diese Gruppen eine statistisch hochsignifikante Senkung des Atemwegswiderstandes aufweisen, dann muß dieser Effekt für die Inhalationstherapie sinnvoll nutzbar gemacht werden können; - die, wie in der Einleitung bereits erwähnt, ein wesentlicher Bestandteil jeglicher Asthmatherapie ist bzw. sein sollte. Besonderer Nutzen sollte hinsichtlich einer kontinuierlich durchgeführten Sekretolyse von der "maximalen Inspirationshaltung" zu erwarten sein.

Im zweiten Teil der experimentellen Untersuchungen galt es nun, den Effekt der "maximalen Inspirationshaltung" auf die Inhalationswirkung anhand der in den Ergebnissen ausführlich dargestellten spirometrisch errechneten Parameter zu überprüfen und statistisch zu sichern. Es muß, um Mißverständnissen vorzubeugen, betont werden, daß lediglich die Inhalationen von Priatan und Tacholiquin in "maximaler Inspirationshaltung" stattfanden und keinesfalls die ausgewerteten Spirometrien.

Es ergab sich, daß die Priatan-Inhalation in "maximaler Inspirationshaltung" wesentlich wirksamer war als in "Normalhaltung". Dies zeigte sich in erster Linie im Vergleich der postinhalativen Werte beider Inhalationsmethoden für die Vitalkapazität (VK-Ist/VK-Soll), der Einsekundenkapazität bezogen auf die Vitalkapazität (Einsekunden-Ist/VK-Soll in %) und den Atemgrenzwert (l/min.). Der Tiffeneau-Wert (Einsekundenkapazität/VK-Ist in %) dagegen konnte weder durch Inhalation in "Normalhaltung" noch durch die "maximale Inspirationshaltung" angehoben werden.

Die Einsekundenkapazität (l/sec.) erhöhte sich demnach parallel zur Vitalkapazität, nicht aber darüber hinaus. Dieser Umstand ist nicht verwunderlich, da bereits bei der Basisspirometrie (b_1 und b_2) Normalwerte von 80,6 bzw. 81,0% gefunden worden waren (bei gesunden erwachsenen Menschen erwartet man einen Wert zwischen 75% und 85%) (s.a. MILLER/JOHNSON, TIFFENEAU/PINELLI).

Im Anschluß an die Priatan-Inhalation erfolgte an jedem Versuchstag eine Zweitinhalation mit Tacholiquin, und zwar im gleichen Sinne wie die Erstinhalation wiederum in "Normalhaltung" bzw. in "maximaler Inspirationshaltung". Danach verzeichnet man für beide Inhalationsmethoden einen nur noch geringfügigen Anstieg von VK-Ist/VK-Soll, die statistische Signifikanz des Unterschiedes zwischen "Normalhaltung" und "maximaler Inspirationshaltung" bleibt erhalten; bei der Einsekundenkapazität und dem Atemgrenzwert holt die "Normalhaltung" auf, so daß ihre Werte jetzt nicht mehr signifikant hinter der Gruppe in "maximaler Inspirationshaltung" zurückbleiben. Unter Berücksichtigung der Absolutwerte (Erreichung der biologisch/physiologischen Leistungsgrenze) erreicht man mit der "maximalen Inspirationshaltung" den vollen Therapieeffekt bereits mit der ersten (Priatan-) Inhalation. In "Normalhaltung" gelingt es ebenfalls, gute Einsekundenwerte (Einsekundenkapazität-Ist/VK-Soll) und Atemgrenzwerte zu erzielen - jedoch erst nach der Tacholiquin-Inhalation, also sozusagen "im zweiten Anlauf".

In dieser Arbeit war lediglich der Effekt der Körperhaltung zu testen. Inwieweit die verwendeten Medikamente, die als Spasmolytikum (Priatan) bzw. Sekretolytikum (Tacholiquin) stets in gleicher (und auch sinnvoller) Weise hintereinandergeschaltet waren, die Endergebnisse beeinflussten, steht dahin. Es ist durchaus denkbar, daß

bei der Verwendung anderer Arzneimittel bzw. bei anderer Reihenfolge andere Endergebnisse gefunden worden wären.

Die Tatsache, daß die Inhalationen des ersten Tages sehr wirksam sind, wurde glücklicherweise bei der Versuchsanordnung einkalkuliert. Durch gleichmäßige Verteilung der beiden überprüften Inhalationshaltungen auf den 1. und 2. Versuchstag konnte vermieden werden, daß die Effekte der zeitlichen Abfolge die Effekte der Körperhaltung verfälschten.

Würdigt man alle Zahlenergebnisse und setzt eine absolute Leistungsgrenze voraus, so kann man anhand der im 2. Teil gewonnenen Erkenntnisse folgende Behauptung aufstellen: beide Inhalationsmethoden führen zum Ziel, allerdings die "maximale Inspirationshaltung" schneller und besser.

Damit ist eine Übereinstimmung der Ergebnisse von Teil 1 und Teil 2 gegeben.

Auch die zweite Frage, ob der subjektive Eindruck der klinischen Effizienz der "maximalen Inspirationshaltung" zahlenmäßig im Modellversuch mit am Hause üblichen Medikamenten und Meßgrößen belegbar sei, ist mit ja zu beantworten.

Es soll abschließend darauf hingewiesen werden, daß die Idee zur "maximalen Inspirationshaltung" aus dem klinischen Alltag kam und es steht zu hoffen, daß ihre Nutzenanwendung besonders im Alltag chronisch atemwegskrankter Kinder zum Tragen kommt.

E. Zusammenfassung

Resistancemessungen an 108 Probanden, aufgeteilt in 3 Untersuchungsgruppen, zeigten, daß der Atemwegswiderstand durch Änderung der Körperhaltung stark beeinflußt werden kann. Bei der vorgeschlagenen "maximalen Inspirationshaltung" wurde die Resistance durchschnittlich um 23% gesenkt. Da bei allen Probanden eine Senkung zu verzeichnen war, ergab die statistische Überprüfung erwartungsgemäß eine außerordentlich hohe Signifikanz ($2p \ll 0,001$).

Diese sogenannte "maximale Inspirationshaltung" wurde an weiteren 117 Probanden in einem vergleichenden Inhalationsversuch überprüft. Der Versuch ging über 2 Tage. Die Verteilung der beiden Inhalationshaltungen ("maximale Inspirationshaltung" mit Mundstück und Nasenklemme und "Normalhaltung" mit Maske) erfolgte zufallsmäßig mit einer A/B Randomisierung. Die gefundenen Werte geben eindeutig der "maximalen Inspirationshaltung" den Vorzug. Wo sich der Unterschied nicht mehr statistisch signifikant (Grenze bei $p \leq 0,05$) belegen ließ, waren die biologischen Grenzen der Leistungsfähigkeit erreicht.

Nach unseren Untersuchungen kann die "maximale Inspirationshaltung" sinnvoll in der Asthmatherapie eingesetzt werden.

Literaturverzeichnis

- AMTMANN, E.: Arbeitsskript, Bau und Funktion des Atemapparates
- BÖLCSKEI, P.: Klinische Erfahrungen mit der oszillatorischen Bestimmung des Atemtraktwiderstandes.
Tagungsbericht der Arbeitsgemeinschaft für klinische Atemphysiologie. (Österr. Gesellschaft für Lungenerkrankungen und Tuberkulose) Graz, Nov. 1976
- BOPP, K. u. HERTLE, F.H.: Chronische Bronchitis,
Schattauer Verlag 1968
- BÜHLMANN, A.A.: "Atmung", in Klinischer Pathophysiologie
(Hrsg. W. Siegenthaler), 2. Aufl./1973 Stuttgart
Georg Thieme Verlag
- CAMPBELL, R.C.: Statistische Methoden für Biologie und Medizin
Georg Thieme Verlag 1971
- MAC CONAILL, M.V., BASMAJIAN, J.V.: Muscles and Movements
A Basis for Human Kinesiology,
Williams/Wilkins Comp. Baltimore (1969)
- DEBSI, S.: Spirografische Untersuchungen über die Wirkung der Klimabehandlung an der Nordsee bei Kindern mit Asthma bronchiale und Neurodermitis
Sonderdruck, aus der Zeitschrift für Physikalische Medizin 1,
29 (1975)
- DEES, S.C., KENDIG, E.L.: Disorders of the respiratory tract in children
Saunders, Philadelphia 1967
- DOCUMENTA GEIGY: Wissenschaftliche Tabellen 7. Auflage
- ENGEL, ST.: Die Lunge des Kindes
Georg Thieme Verlag Stuttgart 1950
- GIEBEL, O.: Lungenfunktion und Atemtechnik
Krankengymn. 23, 233 (1971)
- GIESE, W. : "Atemungsorgane" in: Lehrbuch der speziellen pathologischen Anatomie 11. und 12. Aufl. Bd. II/3
(Hrsg. M.Staemmler) Berlin De Gruyter 1960
- GIESE, W. : Acinus und lobulus der Lunge
Zbl. allg. Path. path. Anat. 97, 233 (1957/1958)
- GLOOR, F. : Zur Pathologie des Asthma bronchiale
Virchows Arch. path. Anat. 325, 189 (1954)
- GOLDMAN, M. et al.: A simplified measurement of respiratory resistance by forced oscillation.
J. appl. physiol. Vol. 28, No. 1, (1970)

- GÜNTHER, W.: Tod im Asthmaanfall
Fortschr. Med. 89, 7 (1971)
- HAFFERL, A.: Lehrbuch der topografischen Anatomie 2. Auflage (1957)
Springer Verlag Berlin, Göttingen, Heidelberg
- HARMS, D.: Morphologische Befunde bei obstruktiven Bronchial-
erkrankungen im Kindesalter
Mschr. Kinderheilk. 124, 211 (1976)
- HARTUNG, W.: "Bronchitis" neue Erkenntnisse in der Pathogenese
und Morphologie
Med. Welt 26, 908 (1975)
- HIERONYMI, G.: Über den durch das Alter bedingte Formwandel
menschlicher Lungen
Ergebn. Allg. Path., Springer Verlag 41, 1 (1961)
- HÖTTER, G.J.: "Die Lungenfunktion" unter besonderer Berücksich-
tigung des wachsenden Organismus
Dr. Dietrich Steinkopff Verlag Darmstadt 1975
- KAO, F.F.: Regulation of respiration during muscular activity
Amer. J. Physiol. 185, 145 (1956)
- KEIL, E.: Krankengymnastische Behandlungsmöglichkeiten beim
kindlichen Asthma bronchiale
Krankengymnastik 28, 341 (1976)
- KUMMER, B.: Atemmechanik und Körperstellung
Krankengymnastik 19, 2 (1967)
- LANDSER, F.J. et al.: A new method to determine frequency characteristics
of the respiratory system.
J.appl. physiol. Vol. 41, No. 1, 101, (1976)
- MENGER, W.: Physikalische Therapie bei Kindern mit Asthma
bronchiale, Sonderdruck aus Deutsche Kranken-
pflegezeitschr. 12, 667 (1977)
- MILLER, W.F., WU, N., JOHNSON jr., R.L.: Anaesthesiol. 17, 480 (1956)
(aus: Lungenfunktionsprüfung, Dr. Karl Thomae GmbH,
Biberach an der Riss, 1966)
- MÖLLER, K.C.: The prognosis of bronchitis asthmoides during
the first years of life
Acta paediat. (Uppsala), 44, 399 (1955)
- MÖNKEBERG, J.G.: Zur pathologischen Anatomie des Bronchialasthmas
Verhandl. dtsch. Ges. Path. 13, 173 (1909)
- OTIS, A.B.: "The work of breathing" in Handbook of Physiology,
Section 3 Respiration, Vol. I pp 463
Amer. Physiol. Soc., Washington 1964
- OTTO, H.: "Die Atmungsorgane" in Handbuch der allgemeinen
Pathologie
Bd. III/4 (Hrsg. H.-H. Altmann, F. Büchner,
H. Cottier et al.), Springer 1970

- PAGEL, W.: Zur Pathologie des Asthma bronchiale
Virchows Arch. path. Anat. 286, 580 (1913)
- RICHARDS, W., PATRICK, J.R.: Death from asthma in children
Amer. J. Dis. Child 110, 4 (1965)
- RIEDL-SEIFERT, R.J., MENDER, W.: Körperhaltung bei Inhalationen
von Kindern mit Asthma bronchiale
Z. f. Phys. Med. 1, 48 (1978)
- RIEDL-SEIFERT, R.J.: Maximale Inspirationsstellung
Hinweis auf eine Inhalationsmethode mit
optimalem Effekt,
Der Kinderarzt 7, 953 (1978)
- RUMBERGER, E.: Zur Regulation der Atmung
Krankengymn. 23, 201 (1971)
- SANDRITTER, W., THOMAS, C.: Makropathologie
F.H. Schattauer Verlag Jahrgang 1970
- SANDRITTER, W.: Histopathologie
F.H. Schattauer Verlag Jahrgang 1968
- SANERKIN, N.G., SEAL, R.M.E., LEOPOLD, J.G.: Plastic bronchitis,
mucoid impaction of the bronchi and allergic broncho-
pulmonary aspergillosis, and their relationship to
bronchial asthma
Ann. Allergy 24, 586 (1966)
- SHELLHAAS, J.: Untersuchungen über den Atemzeitquotienten
bei Kindern mit Asthma bronchiale im Vergleich
zwischen Klinik, Insel-Innerem und Brandungszone
Inaugural-Dissertation Mainz 1976, aus dem
Kinderkrankenhaus Seehospiz "Kaiserin Friedrich"
Norderney, Chefarzt Prof. Dr. Menger
- SCHMIDT, O.P.: Die Spirographie als Grundlage einer optimaleren
Diagnostik und Therapie der Atemwegssyndrome
Med. Welt 26, 917 (1975)
- SIEMENS : Prospekt der Firma SIEMENS AG zum SIREGNOST FD 5
II. 3/77
- SIEMON, G./EHRENBERG, H.: Beitrag zur Behandlung von Atem-
funktionsstörungen mit physikalischen Methode aus
internistischer Sicht
Zur Wirkungsweise unspezifischer Heilverfahren,
Beitragssammlung, Hippokrates-Verlag Stuttgart 109 (1972)
- SIEMON, G., v. SMEKAL, P., EHRENBERG, H.: Atemtherapie bei
obstruktiven Ventilationsstörungen
Progr. in Physical Ther. 1, 168 (1970)
- SMIDT, U., MUYSEERS, K.: Eine einfache Vergleichs-Oszillationsmethode
zur objektiven Bestimmung des Strömungswiderstandes der
Atemwege.
Progr. resp. Vol. 6, 402 (1971)

- STEWART, C.A. u. SHEETS, O.B.: The vital capacity of the lungs of children in health and disease.
Amer. J. Dis. Child. 24, 83, 451 (1922)
- TAYLOR, A.: The contribution of the intercostal muscles to the effort of respiration in man
J. Physiol. 151, 390 (May 1960), Lond.
- TIFFENEAU, R., PINELLI, A.: J. franc. m d. chir. thorac. 2, 221 (1948)
(aus: Lungenfunktionsprüfung, Dr. Karl Thomae GmbH, Biberach an der Riss, 1966)
- ULMER, W.T., REIFF, E., WELLER, W.: Die obstruktiven Atemwegserkrankungen, Georg Thieme Verlag 1966
- ULMER, W.T., REICHEL, G., NOLTE, D.: Die Lungenfunktion
Georg Thieme Verlag 1970
- URBAN, A.: Zusammenhänge zwischen spastischer Bronchitis und Asthma
Mschr. Kinderheilk. 109, 316 (1961)
- ZOLLINGER, H.-U.: Path. Anatomie, Bd. II/Spezielle Path.
2. Auflage (1969), Georg Thieme Verlag Stuttgart

Herrn Prof. Dr. W. Menger (Norderney) danke ich für die Überlassung des praxisbezogenen Themas, die großzügige und fördernde Unterstützung und die Arbeitsmöglichkeiten im Institut des Kinderkrankenhauses Seehospiz "Kaiserin Friedrich" in Norderney.

Meinem derzeitigen Chef, Prof. Dr. H. Wehinger (Kassel), danke ich für die freundliche Unterstützung bei der Fertigstellung der Arbeit, insbesondere für die Hilfe bei statistischen Sachfragen.

Frau E. Keil, Leitende Krankengymnastin am Kinderkrankenhaus Seehospiz, danke ich für die unermüdliche Diskussionsbereitschaft bei der Klärung krankengymnastischer Sachfragen.

Herrn Prof. Dr. G. Erdmann danke ich für die Erstellung des Gutachtens.

Lebenslauf

Name: Roland Josef Riedl-Seifert
Geburtstag: 16. November 1944
Geburtsort: Pilsen/Sudetenland
Vater: Eduard Riedl-Seifert, Zahnarzt
Mutter: Elfrieda Riedl-Seifert, geb. Beerbalk
Ehefrau: Dagmar Riedl-Seifert, geb. Kelm

Grundschule: 1951 - 1956 Volksschule Felsberg (Hessen)
Gymnasium: 1956 - 1966 König-Heinrich-Schule Fritzlar
Abitur: 4. Nov. 1966
Medizin-Studium: Philipps-Universität Marburg
Vorphysikum: 13. 3. 1968
Physikum: 26. 9. 1969
Staatsexamen: 21.12. 1972
Medizinal-Assistent: 1.3.73-30.6.73 Universitäts-Kinderklinik
Marburg
1.8.73-30.11.73 Rotes-Kreuz-Krankenhaus
Kassel - Innere
1.12.73-30.3.74 Rotes Kreuz-Krankenhaus
Kassel - Chirurgie

Approbation: 31. 3. 1974
Wehrdienst: 1. 7. 1974 - 30. 9. 1975 als Stabsarzt
bei der Bundesmarine
Landpraxisvertretung: 20. 4. 1974 - 30. 6. 1974
1. 10. 1975 - 17. 1. 1976

Facharztweiter-
bildung: 1.2.1976 - 31.3.1978 Kinderkrankenhaus
Seehospiz "Kaiserin Friedrich
Norderney
seit 1.4.1978 Stadtkrankenhaus Kassel - Kinder-
klinik

